

**ANALISA PENGARUH JUMLAH LILITAN PADA PERMANENT MAGNET
SYNCHRONOUS GENERATOR 12 SLOT 8 POLE MENGGUNAKAN
SOFTWARE MAGNET INFOLYTICA**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

NUR AINI DIAN PRATIWI

D400170111

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA PENGARUH JUMLAH LILITAN PADA PERMANENT MAGNET
SYNCHRONOUS GENERATOR 12 SLOT 8 POLE MENGGUNAKAN
SOFTWARE MAGNET INFOLYTICA**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:



NUR AINI DIAN PRATIWI

D400170111

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Umar, ST, MT

NIK. 731

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA PENGARUH JUMLAH LILITAN PADA PERMANENT MAGNET
SYNCHRONOUS GENERATOR 12 SLOT 8 POLE MENGGUNAKAN
SOFTWARE MAGNET INFOLYTICA**

OLEH

NUR AINI DIAN PRATIWI

D400170111

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Senin, 19 Juli 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Umar, S.T, M.T
(Ketua Dewan Penguji)
2. Tindyo Prasetyo, S.T, M.T
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Hasyim Asyari S.T, M.T
(Anggota II Dewan Penguji)


(.....)

(.....)

(.....)



Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D
NIK. 892

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 19 Juli 2021

Penulis



NUR AINI DIAN PRATIWI

D400170111

ANALISA PENGARUH JUMLAH LILITAN PADA PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS GENERATOR 12 SLOT 8 POLE MENGGUNAKAN SOFTWARE MAGNET INFOLYTICA

Abstrak

Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) merupakan salah satu jenis generator yang memiliki tingkat efisiensi yang cukup tinggi sebab tidak ada rugi rugi eksitasi yang dihasilkan. Hal ini menyebabkan generator jenis Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) ini digunakan di pembangkit khususnya pembangkit listrik tenaga angin. Perkembangan generator tentu saja tidak lepas dari adanya software untuk mendesain mesin-mesin listrik. Salah satu software yang digunakan untuk mensimulasikannya yaitu software MagNet Infolytica yang menggunakan metode Finite Element Method (FEM). Hasil pengujian simulasi kemudian diolah lalu dianalisa kemudian mendapatkan keluaran generator yaitu tegangan, arus, torsi, daya masukan, daya keluaran, serta efisiensinya. Nilai Vdc Average atau tegangan rata rata yang dihasilkan oleh variasi tanpa beban dengan kecepatan putar 100 RPM adalah 9.16 volt sedangkan untuk kecepatan putar 750 RPM adalah 67.51 volt. Sedangkan uji simulasi berbeban dengan menggunakan variasi kecepatan dan variasi beban dilakukan analisa dengan melihat grafik nilai tegangan, daya input dan daya keluaran. Efisiensi terendah terdapat pada kecepatan putar 100 RPM dengan beban 5 Ohm serta menghasilkan efisiensi 6% dan tertinggi terdapat pada kecepatan putar 750 RPM dengan beban 50 Ohm serta menghasilkan efisiensi 83 %.

Kata Kunci: Jumlah lilitan, PMSG, 12 slot 8 pole, MagNet Infolytica.

Abstract

Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) is one type of generator that has a fairly high level of efficiency because there are no excitation losses generated. This causes this type of Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) to be used in generators, especially wind power plants. The development of generators, of course, cannot be separated from the existence of software to design electrical machines. One of the software used to simulate it is MagNet Infolytica software which uses the Finite Element Method (FEM). The simulation test results are then processed and analyzed and then get the generator output, namely voltage, current, torque, input power, output power, and efficiency. The Vdc Average value or the average voltage produced by no-load variations with a rotational speed of 100 RPM is 9.16 volts while for a rotational speed of 750 RPM it is 67.51 volts. While the load simulation test using speed variations and load variations is analyzed by looking at the graph of the voltage value, input power and output power. The lowest efficiency is found at a rotational speed of 100 RPM with a load of 5 Ohms and produces an efficiency of 6% and the highest is found at a rotational speed of 750 RPM with a load of 50 Ohms and produces an efficiency of 83%.

Keywords: Stator Coil Windings PMSG, 12 slots 8 poles, MagNet Infolytica.

1. PENDAHULUAN

Generator merupakan salah satu komponen pembangkit listrik yang fungsinya mengubah atau mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik. Jenis Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) merupakan salah satu macam generator yang mempunyai taraf efisiensi yang relatif tinggi sebab tidak memiliki rugi rugi eksitasi yang dihasilkan. Hal ini menyebabkan generator jenis Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) ini digunakan di pembangkit khususnya PLTA.

Prinsip kerja Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) memakai prinsip induksi elektromagnetik yang mengacu pada aturan Faraday & aturan Lenz. Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) ini memiliki konstruksi umum seperti generator lainnya yaitu memiliki lilitan stator berfungsi sebagai wadah terjadinya induksi elektromagnetik, rotor berfungsi sebagai wadah meletakkan magnet permanen yang berfungsi sebagai sumber medan magnet, dan air gap menjadi wadah distribusi fluks udara dari rotor ke stator.

Pada Hukum Faraday GGL induksi yang timbul antara ujung-ujung suatu kumparan berbanding lurus dengan laju perubahan fluks magnetik yang dilingkupi oleh kumparan tersebut. Hukum Faraday menyatakan bahwa tegangan elektrik imbas ε didalam sebuah rangkaian adalah sama (kecuali tanda negatifnya) dengan kecepatan fluks yang melalui rangkaian tersebut. Jika kecepatan fluks dinyatakan didalam weber/detik, maka tegangan gerak elektrik ε akan dinyatakan dalam volt. (Prasetijo et al., 2012) Besarnya ggl induksi merupakan perubahan fluks magnet (Φ_B) dalam selang waktu (t) sehingga dapat dinyatakan sebagai berikut

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} \quad (1)$$

dimana :

ε = ggl induksi (volt)

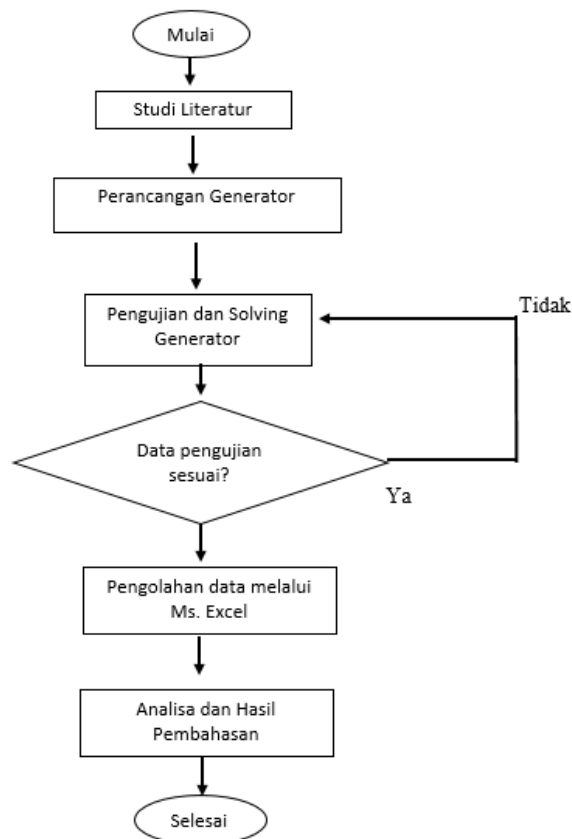
N = banyaknya lilitan kumparan

$\Delta\Phi_B$ = perubahan fluks magnetik (weber)

Δt = selang waktu (s)

2. METODE

2.1 Diagram Alur Penelitian



2.2 Tahap Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam menganalisis jumlah lilitan pada generator 12 Slot 8 Pole adalah dengan menggunakan metode FEM (Finite Element Methode) yang merupakan metode pembagian tak hingga. Objek penelitian ini yaitu sebuah generator tipe radial fluks dengan magnet permanen menggunakan software Magnet Infolytica. Langkah langkah yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini antara lain :

1. Penentuan Spesifikasi Generator

Tahapan awal dalam penelitian ini adalah menentukan spesifikasi generator yang akan dirancang. Mulai dari dimensi stator, dimensi rotor, hingga material komponen generator. Adapun penentuan spesifikasi generator dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Dimensi Generator

Keterangan	Dimensi	Satuan
Diameter luar stator	150	mm
Diameter dalam stator	100	mm

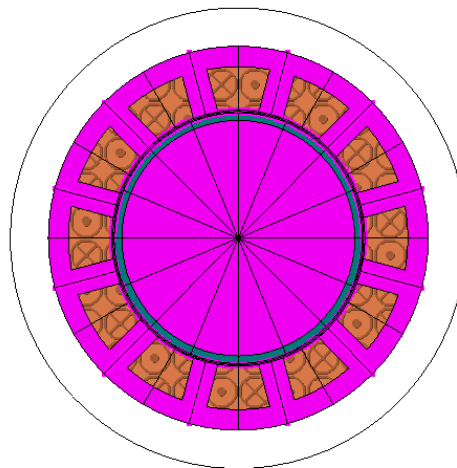
Diameter Lubang Slot	134	mm
Air gap	2	mm
Tebal stator	40	mm
Diameter Luar Magnet	98	mm
Diameter Dalam Magnet	92	mm
Tebal Magnet	40	mm
Diameter Rotor	92	mm

Tabel 2. Material Komponen Generator

Keterangan	Jenis Material
Inti besi stator	Silicon Steel
Inti besi rotor	Silicon Steel
Magnet Permanent	PM12: Br 1.2 mur 1.0
Belitan	Copper: 5.77e7

2. Perancangan Generator

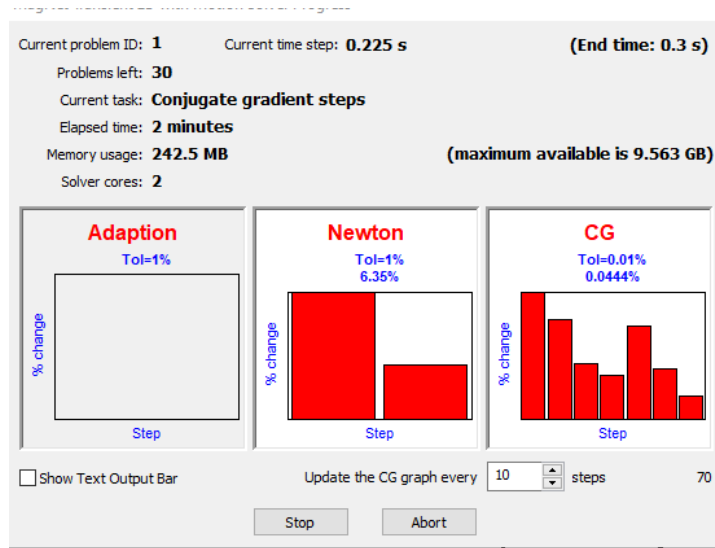
Tahap perancangan generator dilakukan pembuatan geometri dari stator, rotor, slot, airgap dan menentukan tata letak magnet yang sesuai sehingga dapat memunculkan gelombang sinus. Variabel yang dipakai pada penelitian ini yaitu variasi kecepatan putar, variasi beban, dan variasi lilitan lalu akan di simulasikan menggunakan software Magnet Infolytica. Berikut gambar 1 perancangan geometri PMSG 12 Slot 8 Pole.



Gambar 1. Geometri PMSG 12 Slot 8 Pole

Ketika desain generator sudah dibuat, langkah selanjutnya adalah solving desain tersebut sehingga menghasilkan nilai yang dihasilkan oleh generator tersebut dan

bisa diolah menggunakan Microsoft Excel. Berikut gambar 2 pada saat solving PMSG 12 Slot 8 Pole



Gambar 2. Solving PMSG 12 Slot 8 Pole

3. Pengujian Generator

Pengujian generator dilakukan penelitian uji simulasi no load dan load menggunakan variasi lilitan, kecepatan putar dan beban. Pada simulasi ini generator akan diputar dengan kecepatan putar mulai dari 100 RPM hingga 750 RPM. Tabel 3 sesifikasi uji simulasi generator yang akan dibuat.

Tabel 3. Tabel Pengujian Simulasi Generator

Simulasi	RPM	Beban
No Load	100	0 Ohm
	150	
	200	
	250	
	300	
	350	
	400	
	450	
	500	
	550	
	600	
	650	
	700	
	750	
Load	100	5 Ohm
	150	10 Ohm
	200	30 Ohm
	250	40 Ohm

300	50 Ohm
350	
400	
450	
500	
550	
600	
650	
700	
750	

4. Persamaan Daya Keluaran dan Torsi Generator

a. Torsi Generator

$$\omega = \frac{n \cdot 2 \cdot \pi}{60} \quad (2)$$

$$K = \frac{V}{\omega} \quad (3)$$

$$\text{Dimana } K_t = K_e \quad T = K_t \cdot I$$

Keterangan :

ω : kecepatan sudut (rad/sec)

n : putaran (rpm)

K_e : konstanta EMF

K_t : konstanta torsi

T : torsi

I : arus (ampere)

b. Daya Generator

$$P_{in} = \tau \cdot n \frac{2\pi}{60} \quad (4)$$

Keterangan :

P_{in} : Daya Masukan (w)

τ : Torsi (Nm)

n : Kecepatan Putar (RPM)

$$P_{out} = I \cdot V \quad (5)$$

Keterangan :

P_{out} : Daya Keluaran (w)

I : Arus (ampere)

V : Tegangan (volt)

c. Efisiensi

(6)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} 100\%$$

Keterangan :

η : Efisiensi (%)

P_{out} : Daya Keluaran (w)

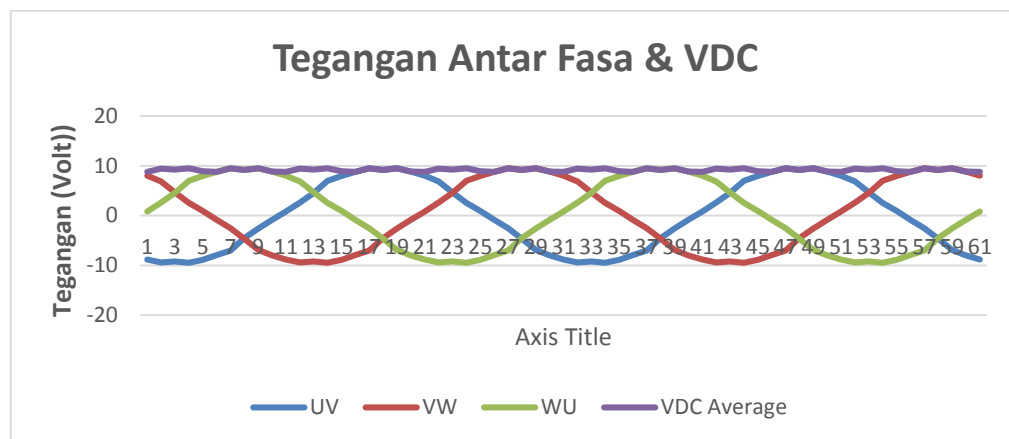
P_{in} : Daya Masukkan (w)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dibawah ini merupakan hasil serta pembahasan dari simulasi Generator 12S8P :

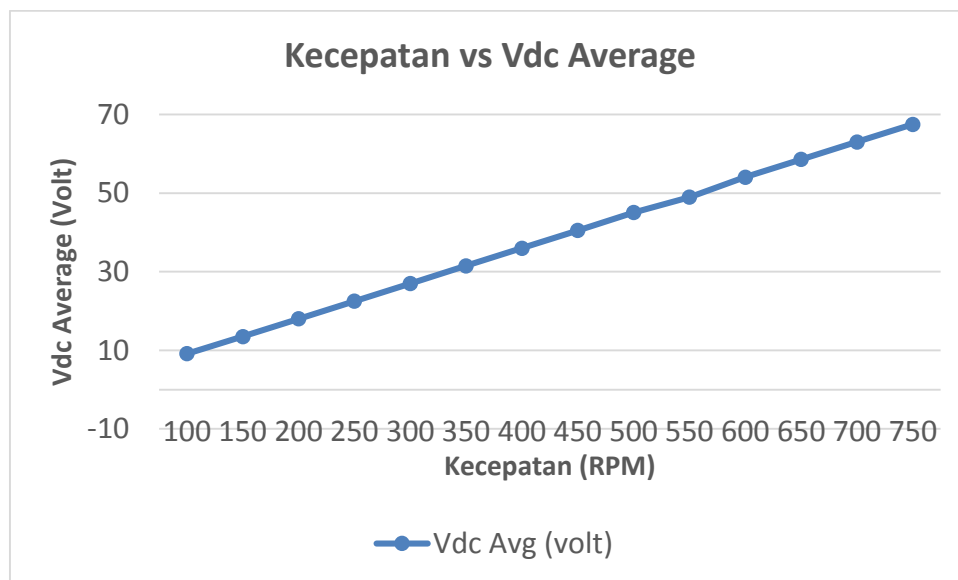
3.1 Hasil Simulasi Generator PMSG 12S8P Tanpa Beban

Berikut adalah hasil simulasi dari variasi kecepatan putar tanpa beban



Gambar 3. Grafik hasil tegangan antar fasa dan VDC Average

Gambar 3 dapat ditinjau bahwa generator menghasilkan nilai tegangan dengan gelombang sinusoidal yang diubah kedalam gelombang VDC Average. Grafik diatas menggunakan lilitan 50 dan kecepatan putar 100 RPM.

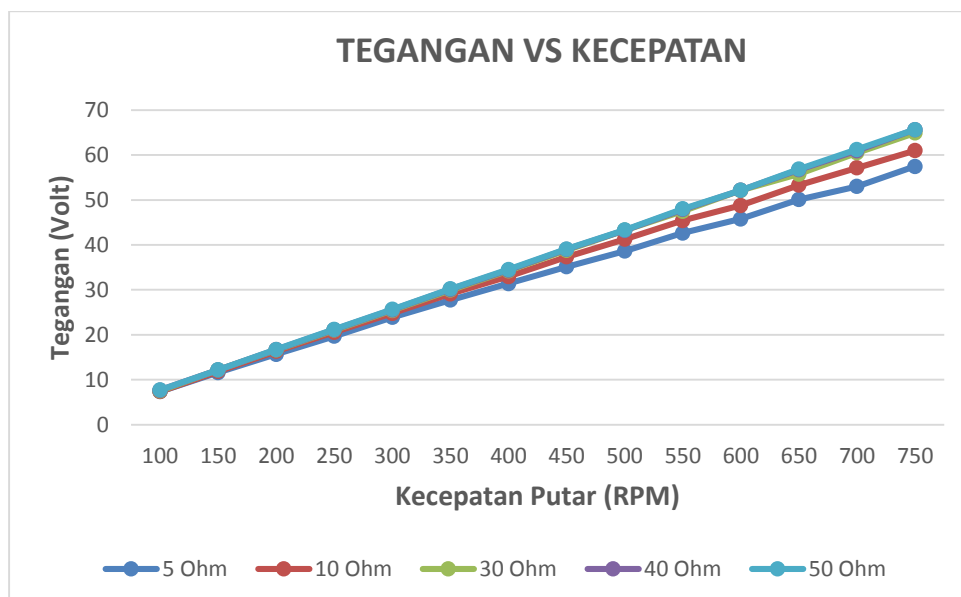


Gambar 4. Grafik kecepatan putar dengan VDC Average tanpa beban

Gambar 4 menggunakan lilitan 50 tanpa beban menunjukkan bahwa semakin rendah kecepatan putar semakin rendah jua nilai yang dihasilkannya. Begitu juga sebaliknya, semakin tinggi kecepatan putar yang dihasilkan akan tinggi pula nilai yang didapatkan. Hal ini terjadi juga jika menggunakan lilitan 100 dan 150.

3.2 Hasil Simulasi Generator PMSG 12S8P Berbeban

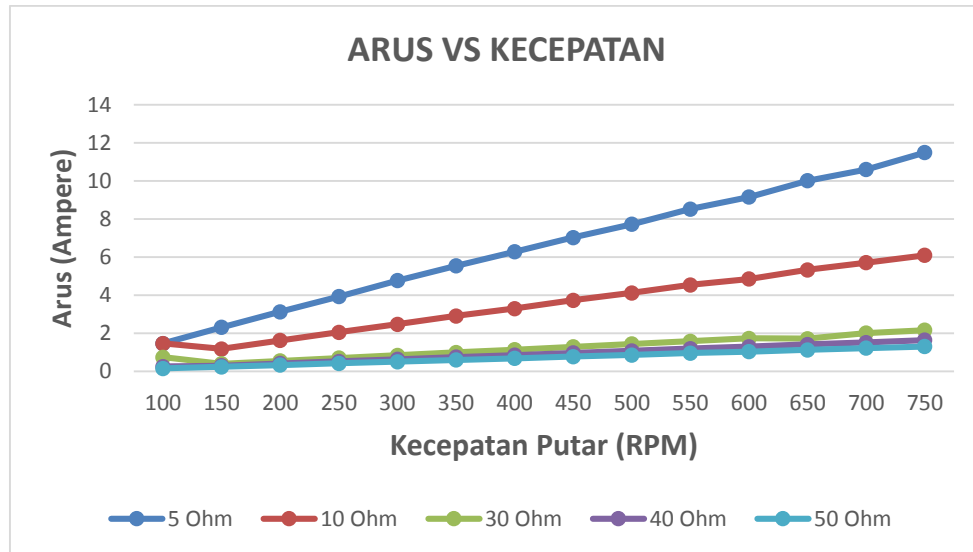
Berikut ini adalah hasil simulasi dari variasi penambahan beban dan variasi kecepatan putar



Gambar 5 Grafik nilai tegangan

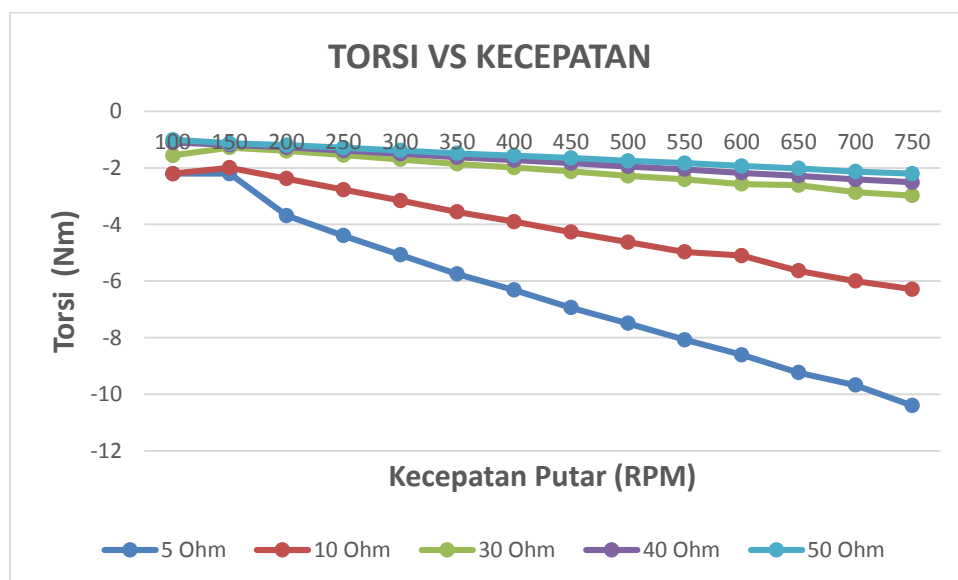
Gambar 5 dapat ditinjau bahwa hubungan kecepatan putar dengan tegangan berbanding lurus. Kecepatan putar yang tinggi akan mempengaruhi nilai tegangan yang dihasilkan. Apabila ditinjau

dari beban, semakin besar beban yang dipakai akan menghasilkan nilai yang tinggi. Hal ini juga terjadi apabila menggunakan lilitan 100 dan 150. Nilai tegangan tertinggi menggunakan lilitan 50 terdapat pada kecepatan putar 750 RPM dan beban 50 Ohm dengan nilai tegangan 65,66 Volt. Jika menggunakan lilitan 100 menghasilkan nilai tegangan sebesar 126,788 Volt. Lalu apabila menggunakan lilitan 150 menghasilkan nilai tegangan sebesar 175,83 Volt.



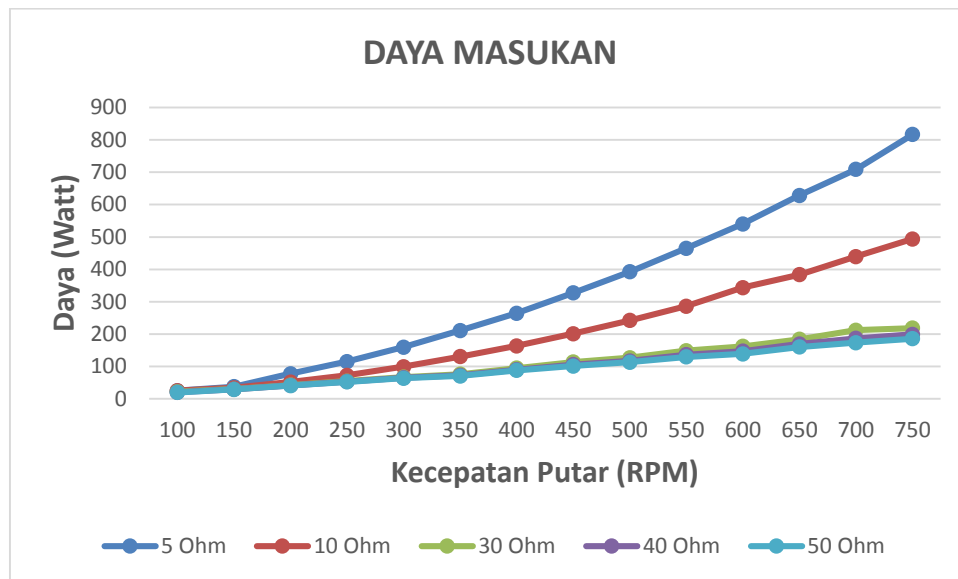
Gambar 6. Grafik nilai arus

Gambar 6 dapat ditinjau hubungan antara arus dengan kecepatan putar adalah berbanding lurus. Semakin tinggi kecepatan putar akan menghasilkan nilai arus yang tinggi juga. Apabila ditinjau dari beban, besar beban yang dipakai maka mempengaruhi nilai arus dihasilkan. Hal ini juga terjadi apabila menggunakan lilitan 100 dan 150. Nilai arus tertinggi terdapat pada kecepatan putar 750 RPM dan beban 5 Ohm dengan nilai arus 11,49 Ampere. Jika menggunakan lilitan 100 menghasilkan nilai arus sebesar 16,04 Ampere. Lalu apabila menggunakan lilitan 150 menghasilkan nilai arus sebesar 15,06 Ampere.



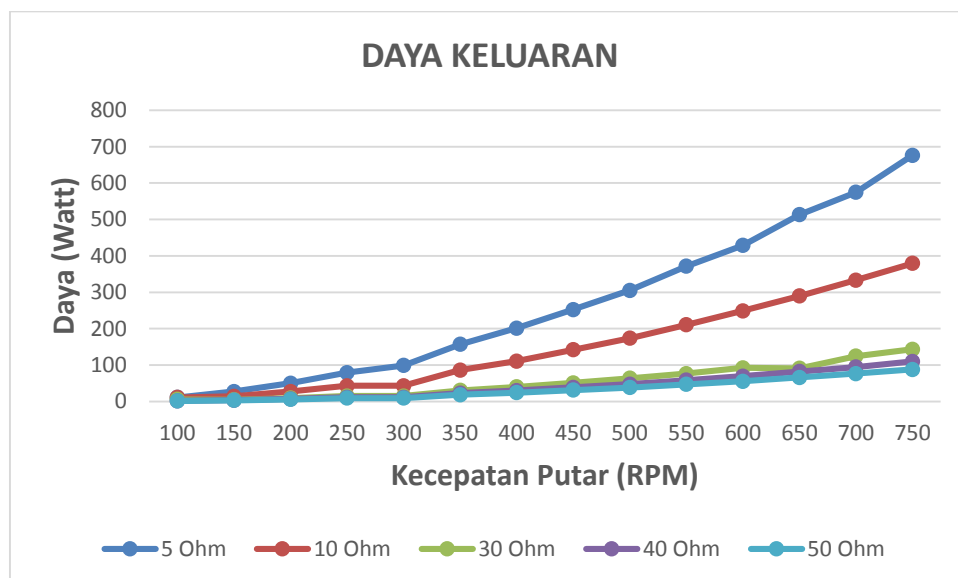
Gambar 7. Grafik nilai torsi

Gambar 7 menggunakan lilitan 50. Terlihat hubungan antara torsi dengan kecepatan putar yaitu berbanding terbalik, untuk menghasilkan nilai torsi yang tinggi, maka kecepatan putar diatur rendah. Sebaliknya untuk menghasilkan nilai torsi yang rendah, maka kecepatan putar diatur tinggi. Hal ini juga terjadi apabila menggunakan lilitan 100 dan 150.



Gambar 8. Grafik nilai daya masukan

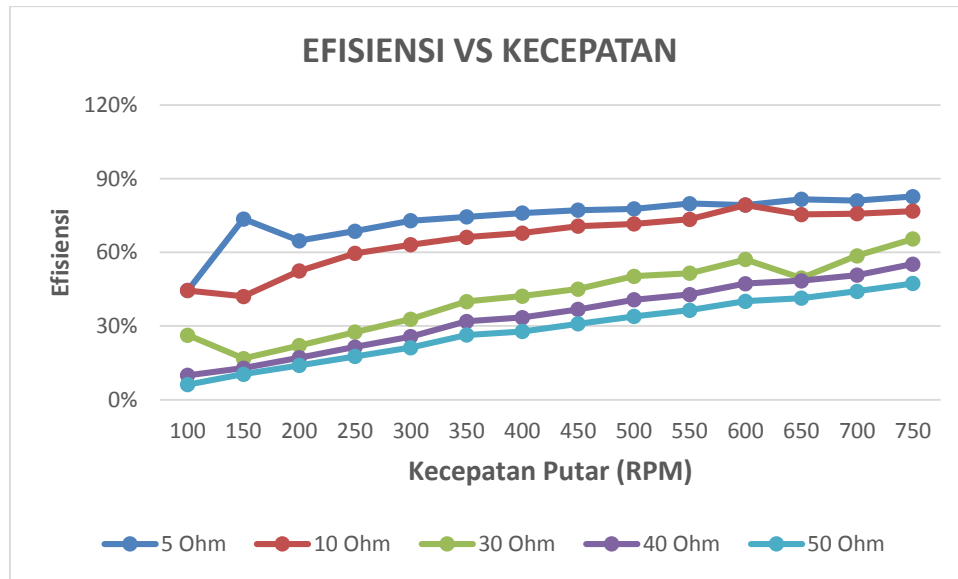
Gambar 8 menggunakan 50 lilitan. Ditinjau dari kecepatan putar hubungan antara daya masukan dengan kecepatan putar adalah berbanding lurus. Semakin besar kecepatan putar yang dihasilkan maka daya masukan akan menghasilkan nilai yang besar. Apabila dilihat dari beban hubungan antara daya masukan dan kecepatan putar adalah berbanding terbalik. Semakin kecil beban maka daya masukan pun semakin tinggi. Hal ini juga terjadi apabila menggunakan lilitan 100 dan 150.



Gambar 9. Grafik nilai daya keluaran

Gambar 9 menggunakan lilitan 50. Ditinjau dari kecepatan putar hubungan antara daya keluaran dengan kecepatan putar adalah berbanding lurus. Semakin besar kecepatan putar yang dihasilkan

maka daya keluaran akan menghasilkan nilai yang besar. Apabila dilihat dari beban hubungan antara daya keluaran dan kecepatan putar adalah berbanding terbalik. Semakin kecil beban maka daya keluaran pun semakin tinggi. Hal ini juga terjadi apabila menggunakan lilitan 100 dan 150.



Gambar 10. Grafik nilai efisiensi

Gambar 10 menggunakan jumlah lilitan sebanyak 50. Nilai efisiensi diperoleh dari nilai selisih antara daya masukan dengan daya keluaran. Hal ini juga terjadi apabila menggunakan lilitan 100 dan 150. Grafik diatas terlihat bahwa efisiensi tertinggi terdapat pada kecepatan putar 750 RPM dan beban 5 Ohm menghasilkan nilai efisiensi 83%. Lalu efisiensi terendah terdapat pada kecepatan putar 100 RPM dan beban 50 Ohm menghasilkan nilai efisiensi 8%.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil simulasi dan analisa jumlah lilitan dalam PMSG 12 Slot 8 Pole dapat ditarik kesimpulan :

1. Perancangan PMSG 12 Slot 8 Pole digunakan untuk mengetahui hasil keluaran dari generator tersebut.
2. Nilai Vdc Average atau tegangan rata rata yang dihasilkan oleh variasi tanpa beban dengan kecepatan putar 100 RPM adalah 9.16 volt sedangkan untuk kecepatan putar 750 RPM adalah 67.51 volt.
3. Hubungan antara tegangan dan arus dengan kecepatan putar berbanding lurus, sedangkan hubungan antara torsi dengan kecepatan putar berbanding terbalik.
4. Variasi jumlah lilitan dapat mempengaruhi semakin banyak lilitan maka semakin besar tegangan namun tidak mempengaruhi distribusi flux.

PERSANTUNAN

Segala puji bagi Allah SWT atas semua rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas ahir ini dengan tepat waktu. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang senantiasa selalu kita tunggu syafaatnya di hari akhir nanti. Penyelesaian tugas ahir ini didukung oleh beberapa pihak yang terlibat, saya ucapkan terimakasih kepada :

1. Orang tua saya yang selalu memberikan dukungan dalam bentuk material maupun *non* material.
2. Bapak Umar, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing, yang telah membimbing dari awal hingga ahir.
3. Bapak dan Ibu Teknik Elektro UMS yang memberi ilmu dan mengajarkan ilmu selama perkuliahan.
4. Teman-teman teknik elektro 2017 yang sudah memberi masukan dan saran.
5. Teman-teman dan tutor di Lentera Bumi Nusantara termasuk Ricky Elson yang selalu memberikan banyak sekali ilmu dan pengalaman yang luar biasa.
6. Diri sendiri yang selama ini berjuang, tidak pernah menyerah, dan tetap menjadi diri sendiri dengan percaya diri.

DAFTAR PUSTAKA

- Anam, C., Nurhadi, N., & Irfan, M. (2017). Perancangan Generator 100 Watt Menggunakan Software Magnetik Infolytica. *Kinetik*, 2(1), 27–36. <https://doi.org/10.22219/kinetik.v2i1.125>
- Hadisiswoyo, M. R., Arifianto, I., Rahmatia, S., & Elson, R. (2018). *Variasi Geometri Pemodelan PM Generator Sinkron 12 Slot 8 Pole 1/4 Model* Hadisiswoyo, M. R., Arifianto, I., Rahmatia, S., & Elson, R. (2018). *Variasi Geometri Pemodelan PM Generator Sinkron 12 Slot 8 Pole 1/4 Model*. 48–52. 48–52.
- Hidayat, A. N., Suyitno, Daryono, & Perdamean, S. (2017). Pengaruh Jumlah Lilitan Kumparan Stator Terhadap Kinerja Generator Magnet Permanen Fluks Aksial Satu Fasa. *Journal of Electrical Vocational Education and Technology*, 2(2), 2–5.
- Iqbal Fajar Syahbana, I. A. (2019). *Analisis Pengaruh Pembebanan Dan Rpm Terhadap Performa Generator Wind Turbine Menggunakan Software Magnet Infolytica*.
- Rivani, N. H., & Elson, R. (n.d.). *Design and Analysis of Permanent Magnet Synchronous Generator 12 Slots 8 Poles for Small Scale Wind Turbine*. 1–6.
- Saady, G. El, Ibrahim, E. N. a, Ziedan, H., & Soliman, M. M. (2013). Analysis of Wind Turbine

Driven Permanent Magnet Synchronous Generator under Different Loading Conditions.
*International Middle- East Power Systems Conference -MEPCON'2014, At Ain Shams
University, Cairo, Egypt, Volume: 16th, 4(14), 97–112.*

J.R. Handershot and THE Miller, 1994. "*Design Of Brushless Permanent-Magnet Motors.*" Oxford :
Magna Physics Publishing and Clarendon Press.

Yudi Prasetyo. 2019. "Analisa Perbandingan Bahan Material Magnet Dalam Pemodelan Permanent
Magnet Synchronous Generator (PMSG) 12 Slot 8 Kutub Dengan Menggunakan Finite Element
Method (FEM) Software". Universitas Muhammadiyah Surakarta

Piggot H, 2000, "*Windpower Workshop*", Peninsula, British Wind Energy Association.

Chapman, J. Stephen (2012). *Electric Machinery Fundamentals Fifth Edition*, New York :
McGraw-Hill Companies.

Hanselman, Duane (2006). *Brushless Permanent Magnet Motor Second Edition*. University of
Maine Orono, ME. Magna Physics Publishing.